



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 20 668 C 1

②1 Aktenzeichen: 196 20 668.5-43  
②2 Anmeldetag: 22. 5. 96  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 9. 97

⑤1 Int. Cl.6:  
**C 09 D 183/06**  
C 09 D 185/00  
C 09 D 163/00  
B 05 D 7/16  
B 05 D 7/02  
C 03 C 17/30  
C 04 B 41/64  
// C09D 7/12,17/00,  
5/14,C07F 7/00,7/18,  
C07C 31/18,31/32

DE 196 20 668 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Feinchemie GmbH Sebnitz, 01855 Sebnitz, DE

⑦4 Vertreter:  
Dr. Dieter v. Bezold, Dipl.-Ing. Peter Schütz,  
Dipl.-Ing. Wolfgang Heusler, 80333 München

⑦2 Erfinder:  
Böttcher Horst, Prof. Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.habil.,  
01169 Dresden, DE; Kallies, Karl-Heinz, 01855  
Sebnitz, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 34 39 880 C1

⑤4 Thermisch härtbarer Mehrkomponenten-Lack

⑤7 Ein thermisch härtbarer Mehrkomponenten-Lack enthält mindestens eine flüssige Komponente A, die durch Hydrolyse eines Gemisches eines Tetraalkoxysilans, eines Epoxyalkylsilans und eines Polyols in einem organischen Lösungsmittel gebildet ist, und mindestens eine flüssige Komponente B, die durch Hydrolyse eines Metallalkoholats in einem organischen Lösungsmittel gebildet ist.

DE 196 20 668 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Mehrkomponenten-Lack, insbesondere einen thermisch härtbaren Zweikomponenten-Lack, der zum mechanischen und chemischen Schutz von Formteilen aus Metall, Kunststoff, Holz, Stein oder Glas verwendet werden kann.

Es ist bekannt, daß derzeit zahlreiche Formteile und Gebrauchsgegenstände aus Metall, Kunststoff, Holz, Stein oder Glas mit Überzügen ausgestattet werden, um sie vor mechanischen oder chemischen Schäden zu schützen. Dabei ist eine wichtige Forderung, daß die Überzüge hart, abriebfest und ökologisch unbedenklich sein sollen. Diese Forderung wird von den handelsüblichen organischen Polymeren nur unzureichend erfüllt. Darum besteht ein gegenwärtiger Trend darin, anorganische Überzüge aus Oxiden, Carbiden, Nitriden und Siliciden der Übergangsmetalle (z. B. Aluminiumoxid, Bornitrid) zu nutzen. Die Herstellung der Überzüge erfolgt durch physikalische oder chemische Gasphasenabscheidung. Diese Technik ist geräte- und energieaufwendig, diskontinuierlich und versagt bei komplizierten geometrischen Körpern.

Eine Alternative dazu stellt die Erzeugung von Metalloxid-Überzügen durch Sol-Gel-Technik dar. Dazu stellt man durch Hydrolyse von Metallalkoxiden stabile Metalloxid-Sole her, die auf beliebigen Trägern durch Aufkonzentration während der Trocknung dünne Metalloxid-Gelfilme bilden, z. B.



(Me = Metall z. B. Si, Ti, Zr, Sn, Al, R = organischer Rest, z. B. Alkyl, Acyl).

Die dabei erhaltenen reinen Metalloxid-Überzüge sind insbesondere im für Lacküberzüge interessierenden Dickenbereich mechanisch nicht sehr stabil, da während der Filmbildungsprozesses ein starker Schrumpfungsprozeß stattfindet und der Vernetzungsgrad gering ist. Darum versucht man gegenwärtig, durch Modifizierung der Metalloxid-Solstruktur die Verschleißfestigkeit und Härte der gebildeten Metalloxid-Gelfilme zu verbessern. Ein Weg besteht darin, Gemische unterschiedlicher Metallalkoxide einzusetzen, um miteinander vernetzte Metalloxidgele zu erzeugen, z. B.  $\text{SiO}_2$  mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (US 5 336 560 A, US 5 324 544 A), mit  $\text{TiO}_2$  oder  $\text{ZrO}_2$  (DE 42 17 432 A1) oder deren Kombination (US 5 262 362 A). In ähnlicher Weise wird versucht, die Abriebresistenz durch den Zusatz von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (US 796 974 A0) oder anderer keramischer Pulver (DE 43 07 665 A) zu verbessern.

Ein anderer Weg versucht die organische Modifizierung der Metalloxid-Sole z. B. durch Kompositbildung mit unterschiedlichen Polymeren (WO 9 301 226) oder Harzen (EP 497 560 A). Die mechanischen Eigenschaften lassen sich deutlich verbessern, wenn man organofunktionalisierte Alkoxysilane (z. B. mit Acrylatgruppen oder Epoxidgruppen) cokondensiert und nach der Gelbildung thermisch vernetzt. Hierzu wurden z. B. Systeme von Epoxysilanen mit Bisphenolen (DE 35 20 749 A1) als Vernetzer vorgeschlagen. Die auf beiden Wegen erhaltenen Überzüge erfüllen nicht in allen Fällen die Forderungen, die hinsichtlich Härte und Abriebfestigkeit an mechanisch stark beanspruchte Gebrauchsgegenstände gestellt werden.

Hierfür besteht eine häufige Ursache darin, daß die dafür erforderlichen stark vernetzenden Systeme häufig geringe Standzeiten aufweisen, da bereits nach der Herstellung der Beschichtungslösungen eine langsame Vernetzung einsetzt, die zu einer zunehmenden Verfestigung vor dem Beschichtungsprozeß führt. Andererseits liefern standzeitstabile Beschichtungslösungen häufig unbefriedigende mechanischen Werte, da der Vernetzungsgrad der Schicht unzureichend ist.

Es bestand also die Aufgabe der Erfindung darin, neue Möglichkeiten zur Herstellung von Beschichtungsmiteln auf Sol-Gel-Basis zu finden, die eine Langzeitstabilität gewährleisten und eine effektive Vernetzung während der Schichtbildung ermöglichen, sowie einen entsprechenden Lack und eine Verfahrensweise zu dessen Aufbringung anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Patentansprüche 1 sowie 11, 13 und 14 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Überraschenderweise konnte die Aufgabe mit einfachen Mitteln erfindungsgemäß insbesondere dadurch gelöst werden, daß mindestens zwei modifizierte Metalloxidsole, die in unterschiedlicher Weise vernetzbar sind, kombiniert werden, wobei die erforderliche Standzeitstabilität dadurch gewährleistet wird, daß die Mischung der beiden Teilsysteme (im folgenden als Komponente A und B bezeichnet) erst unmittelbar vor dem Beschichtungsvorgang erfolgt.

Die Komponente A besteht dabei erfindungsgemäß aus einer Lösung, die durch saure oder alkalisch katalysierte Hydrolyse eines Gemisches eines Tetraalkoxysilans (I), eines Epoxyalkyltrialkoxysilans (II) und eines Polyols (III) in einem organischen Lösungsmittel gebildet wird. Die 3 Bestandteile haben folgende Funktion:

- das Tetraalkoxysilan (I) erhöht durch Cokondensation mit (II) die Stabilität und das Standzeitverhalten der Komponente A und verbessert die Schichtqualität,
- das Epoxyalkyl-trialkoxysilans (II) ergibt durch Cokondensation mit (I) ein durch Epoxid- bzw. (nach teilweiser Ringöffnung) Dihydroxyalkyl-substituiertes  $\text{SiO}_2$ -Sol, das zur Vernetzung mit Polyolen befähigt ist,
- das Polyol (III) wirkt als Vernetzer. Um eine effektive dreidimensionale Vernetzung in der Schicht zu erreichen, werden als Polyole besonders aliphatische Verbindungen mit mindestens 3 Hydroxyl-Gruppen wie z. B. Glycerin, Pentaerythrit oder 1,1,1-Tris-(hydroxymethyl)-propan verwendet. Die Vernetzung erfolgt durch Reaktion der Epoxidgruppen bzw. daraus gebildeten Diolen mit dem aliphatischen Polyol III durch Polyaddition bzw. Polykondensation insbesondere während der Schichtbildung und deren Temperung.

Natürlich können auch Diöle wie Polyethylenglykol 600, Bis-(4-hydroxyphenyl)-sulfon oder 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan eingesetzt werden. Aufgrund ihres geringeren Vernetzungsgrades sowie ihres hohen Molekulargewichtes resultieren vergleichsweise schlechtere physikalisch mechanische Parameter, vgl. Tabelle 1.

Die Mengenverhältnisse der 3 Bestandteile zueinander sowie das Lösungsmittel können in weiten Grenzen variiert werden. Vorzugsweise werden zur Hydrolyse Gemische aus 10 bis 80 Teilen eines Tetraalkoxysilan, 10 bis 80 Teilen eines Epoxylalkyltrialkoxysilans und 1 bis 20 Teilen eines Polyols eingesetzt. Die Hydrolyse kann sowohl durch verdünnte Säuren, z. B. verdünnte Salzsäure, oder verdünnte Alkalien, wie wäßriger Ammoniak oder Natronlauge, katalysiert werden.

Als organische Lösungsmittel können vorrangig Alkohole mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen verwendet werden. Es können aber auch problemlos andere mit Wasser mischbare Lösungsmittel wie Aceton, Dioxan, Acetonitril oder Dimethylformamid verwendet werden.

Die Komponente B besteht erfindungsgemäß aus einer Lösung, die durch saure oder alkalische Hydrolyse eines Tetraalkoxytitanats, Aluminiumtrialkoholats oder deren Gemische, ggf. unter Zumischung von 0 bis 80 Vol-% Tetraalkoxysilan, gebildet wird. Die Zumischung des Tetraalkoxysilans dient der Verbesserung der Lagerstabilität der Komponente B, da bekanntermaßen reine Titandioxid- oder Aluminiumoxid-Sole (im Gegensatz zu den Siliciumdioxid-Solen) zur langsamen Gelierung neigen. Wie im Falle der Komponente A können als organische Lösungsmittel vorrangig Alkohole mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen verwendet werden. Es können aber auch problemlos andere, mit Wasser mischbare Lösungsmittel wie Aceton, Dioxan, Acetonitril oder Dimethylformamid verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Herstellung des Mehrkomponentenlackes erfolgt durch Mischung der Komponente A und der Komponente B. Dabei führt die gegenseitige Durchdringung der Festkörperstrukturen beim Verfestigen in synergistischer Weise zu einem zusätzlichen Vernetzungseffekt, vgl. Tabelle 1. Erfindungsgemäß können mehrere Komponenten A und mehrere Komponenten B gemischt werden.

Dazu können bezogen auf die in den Komponenten enthaltenen Feststoffanteile 0,2 bis 10 Teile A mit 1 Teil B gemischt werden. Es ist zweckmäßig, die Mischung der stabilen Komponenten A und B erst unmittelbar vor dem Beschichtungsprozeß vorzunehmen, um eine vorzeitige Verfestigung des Lackes auszuschließen. Diese Verfestigung ist in unterschiedlicher Weise von der Konzentration und dem Mischungsverhältnis der Komponenten A und B abhängig.

Die Beschichtung der Formkörper kann durch alle üblichen Beschichtungstechniken wie Spincoating, Begießen, Pinseln, Tauchen oder Sprühen erfolgen.

Nach der Beschichtung des Formkörpers und Entfernen des Lösungsmittels kann die Lackschicht thermisch gehärtet werden. Dazu sollte der beschichtete Gegenstand mindestens 30 min auf 120°C erwärmt werden. Die damit verbundene drastische Verbesserung der mechanischen Eigenschaften ist aus den Beispielen Tabelle 1 ersichtlich.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Zweikomponenten-Lackes bestehen gegenüber den bisher bekannten Einkomponentenlacken:

1. in hervorragenden mechanischen Eigenschaften (Härte, Abriebfestigkeit der Lackschichten) bei vorteilhafter Lagerstabilität der Einzelkomponenten,
2. in der guten Reproduzierbarkeit der Eigenschaften, da die Hydrolyseprozesse der Silicium- und Titan- bzw. Aluminiumalkoholate in getrennter (und damit überschaubarer) Form ablaufen,
3. in der Möglichkeit, durch Veränderung des Mischungsverhältnisses der Komponenten A (enthält  $\text{SiO}_2$ -Sole mit der Brechzahl ca. 1,45) und B (enthält  $\text{TiO}_2$ -Sole mit Brechzahl ca. 2,2 bzw.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ca. 1,6) die Brechzahl der Schicht zu verändern, um z. B. Interferenzen zu vermeiden,
4. in der Möglichkeit, durch Veränderung des Mischungsverhältnisses A zu B und durch eine thermische Nachbehandlung den Vernetzungsgrad zu verändern und damit die mechanischen Eigenschaften dem späteren Anwendungszweck anzupassen.

Werden zur Herstellung des Mehrkomponentenlackes in der Komponente B Tetraalkoxytitanate eingesetzt, ergeben sich zwei weitere Vorteile:

5. durch den Zusatz oxidierender Verbindungen wie Wasserstoffperoxid oder Benzoylperoxid kann man stabile bronzefarbene Überzüge erhalten. Der goldgelbe Farbton kann durch Temperung noch verstärkt werden. Der Farbton tritt besonders intensiv auf, wenn als Polyol (III) die oben erwähnten aromatischen Diöle verwendet werden.
6. die Lackschichten sind nach dem Tempern auf  $T > 350^\circ\text{C}$  photoaktiv und können zum photokatalytischen Abbau von organischen Schadstoffen genutzt werden

Die Anwendungsmöglichkeiten der Lacke sind aufgrund der guten Stabilität und der exzellenten mechanischen Schichteigenschaften sehr vielseitig. Besonders geeignet sind die Mehrkomponentenlacke zum mechanischen und chemischen Schutz von Formteilen aus Metall, Kunststoff, Holz, Stein oder Glas. Hierbei wirkt sich vorteilhaft aus, daß zur Erzielung optimaler mechanischer Eigenschaften nur moderate Temperungsbedingungen erforderlich sind, die auch organische Formteile (z. B. aus Plastik oder Holz) ohne Schaden überstehen. Man kann die Lacke für spezielle Anwendungen auch problemlos modifizieren, indem den Lacken vor der Beschichtung gelöste Farbstoffe oder biozide Verbindungen zugesetzt werden, die dann homogen in die Schichten eingebettet werden.

## Ausführungsbeispiele

## Beispiel 1

## Herstellung der Komponente A

18 ml Tetraethoxysilan (TEOS), 6 ml 3-Glycidyloxypropyltrimethoxy-silan (GLYMO) werden in 20 ml Ethanol gelöst. Unter Rühren wird dazu eine Lösung von 1 g Bis-(4-hydroxyphenyl)-sulfon (Lösung A1) bzw. von 1 g 2,2-Bis-(4-hydroxy-phenyl)-propan (A2), 0,5 g Pentaerythrit (A3), 1,0 g Glycerin (A4) oder 2 g 1,1,1-Tris-(hydroxymethyl)-propan (A5) in 20 ml Ethanol und 5 ml 0,01 N Salzsäure zugetropft und 20 Std. bei Raumtemperatur gerührt. Im Falle des schwerer löslichen Pentaerythrits wurde bei 50°C gearbeitet. Es werden über Wochen stabile Lösungen erhalten.

## Herstellung der Komponente B

11,36 g Titan-tetraisopropylat (B1) bzw. 8,52 g Tetraisopropylat und 2,08 g TEOS (B2), 5,68 g Tetraisopropylat und 4,16 g TEOS (B3), 2,08 g Aluminium-triisopropylat und 6,24 g TEOS (B4), bzw. 4,08 g Aluminium-triisopropylat (B5) werden in 70 ml wasserfreien Ethanol oder Isopropanol gelöst. Dazu wird unter Rühren langsam eine Lösung von 2 ml 1 N HCl in 10 ml Ethanol zugetropft. Nach beendeter Katalysator-Zugabe wird 20 Std. bei Raumtemperatur gerührt. Die gemischten Metalloxid-Sole B2-B4 sind über mehrere Wochen stabil.

## Herstellung eines Zweikomponenten-Lacke

Zur Herstellung der Zweikomponentenlacke werden A und B (wie in Tabelle 1 angegeben) gemischt. A und B sind praktisch in beliebigen Mengenverhältnissen mischbar, allerdings werden durch das Verhältnis A zu B Vernetzungsgrad, Standzeitverhalten des Lackes sowie Brechzahl und mechanische Eigenschaften der Lack-schichten verändert, z. B. tritt bei bestimmten Mischungsverhältnissen (z. B. 10 ml A1 und 10 ml B1) innerhalb 1 min. eine Erstarrung der Lösung zu einem festen Gel ein.

In dem Beispiel wurden unterschiedliche 2 Teile A und 1 Teil B unmittelbar nach der Mischung auf polierte Aluminiumträger oder Glas beschichtet. Zur Beschichtung sind übliche Verfahren wie Tauchen, Sprühen, Schleudern, Pinseln geeignet. Die Schichten trocknen aufgrund der leicht flüchtigen Lösungsmittel sehr schnell. Zur Entfernung von Restlösung wurden die Schichten ca. 4 Std. bei 50°C im Trockenschrank getrocknet. Zur thermischen Nachhärtung werden die Schichten anschließend mindestens 30 min. bei 120° getrocknet. Man erhält farblose transparente Schichten von hoher mechanischer Stabilität.

Zur mechanischen Prüfung der Proben wurde die Universal-Mikrohärtemessung mit dem Fischerscope H100 zur Bestimmung des charakteristischen HV-Wertes sowie eine Abriebsmessung mit einem Norm-Radiergummi genutzt. Der mit konstanter Geschwindigkeit rotierende runde Gummi wird dabei mit einer definierten Kraft (20 bzw. 200 p) gegen das beschichtete Substrat gedrückt. Die Anzahl der Umdrehungen bis zum Durchreiben der Schicht wird als Maß für die Abriebbeständigkeit gewertet. Die Bestimmung der Schichtdicke erfolgte mit einem Kallottenschliffverfahren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 und Bild 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1

Lackschichten auf Aluminium-Träger (ungetempert)

Nr.	Zweikomponenten-Lack		Schichtdicke /µm	Abrieb 200 g [Umdrehungen]	HV	
	20 ml A	10 ml B				
1	A1	B2	2.2	13	87	10
2	A2	B2	1.8	5	85	
3	A4	B4	1.9	8	107	15
4	A5	B3	2.4	8	120	
5	A5 <sup>1)</sup>	B2	2.3	8	75	
6	A3 <sup>2)</sup>	B2	1.6	8	82	20
7	A3	B2	2.2	10	73	
8	A3	B4	1.9	9	100	
9	A5 <sup>3)</sup>	B2	1.6	9	58	25
10	A5	B2	2.4	12	126	

1) nur 10 ml A5

2) A3 mit 1 g Pentaerythrit hergestellt

3) A5 mit 1 g 1,1,1-Tris-(hydroxymethyl)-propan

Eine entscheidende Verbesserung der mechanischen Daten erfolgt bereits durch eine moderate Temperung bei 130°C (30 min.). Die entsprechenden Verbesserungen sind aus der Säulengraphik in Bild 1 (jeweils rechter Balken) ersichtlich.

## Beispiel 2

## Herstellung bronzefarbener Schichten

Es werden 10 ml der Komponenten A1 oder A2 mit 10 ml der Komponenten B1 oder B2 gemischt und 1 ml 10% Wasserstoffperoxid zugefügt. Die gelbe Lösung (Absorptionsmaximum zwischen 400 und 420 nm) wird auf Glas oder Aluminium beschichtet und 30 min bei 130°C getempert. Man erhält gelbe stabile transparente Schichten auf Glas bzw. bronzefarbene metallisch glänzende Schichten auf Aluminium.

## Beispiel 3

## Photokatalytische Schichten

Es werden 10 ml der Komponenten A3 oder A5 mit 10 ml der Komponenten B1 oder B2 gemischt. Die Lösungen werden durch Dipcoating jeweils auf einen Quarzglas-Träger aufgetragen und nach Trocknung an der Luft 2 Std. bei 400°C getempert. Mit einer Pipette werden auf die Lackschicht ein Kaffeetropfen (analog den Untersuchungen von A. Heller, Acc. Chem. Res. 28 (1995) 503) und ein Tropfen einer 1-%igen Lösung des Farbstoffs Rhodamin 6G nebeneinander aufgetragen. Nach Trocknen an der Luft werden die Prüflinge in einer Belichtungsapparatur mit einer 250 W Hg-Mitteldrucklampe 2 Std. lang bestrahlt. Beide Flecke zeigten danach deutliche Ausbleicherscheinungen im Vergleich zu Flecken auf einem nicht mit Lack beschichteten Quarzglas-Träger.

## Patentansprüche

1. Thermisch härthbarer Mehrkomponenten-Lack, gekennzeichnet durch mindestens eine Komponente A, die durch Hydrolyse eines Gemisches eines Tetraalkoxysilans, eines Epoxyalkylsilans und eines Polyols in einem organischen Lösungsmittel gebildet ist, und mindestens eine Komponente B, die durch Hydrolyse eines Metallalkoholats in einem organischen Lösungsmittel gebildet ist.

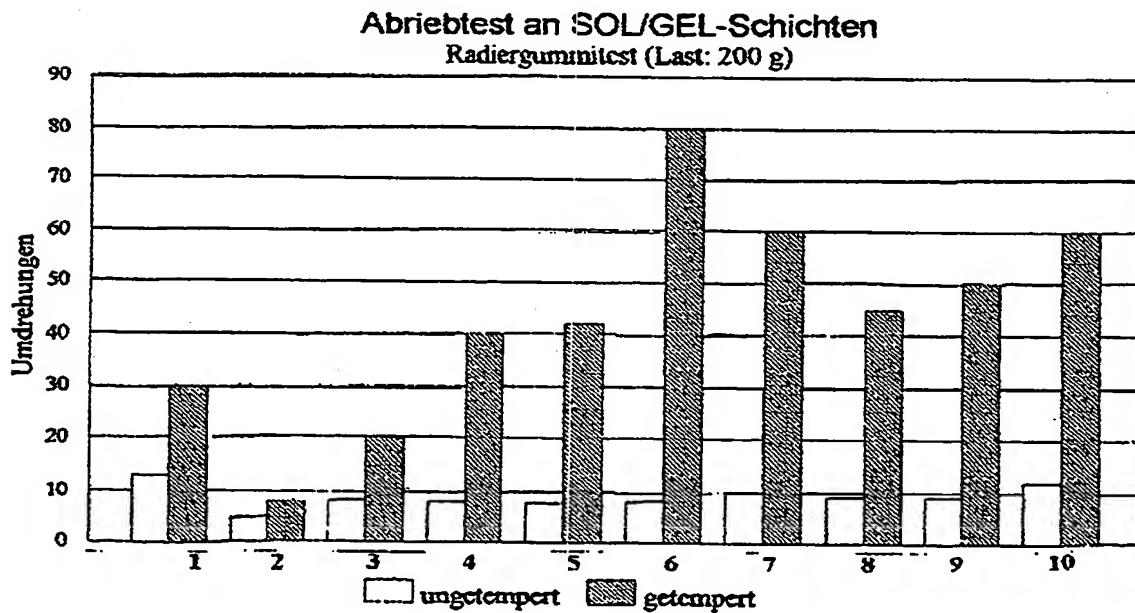
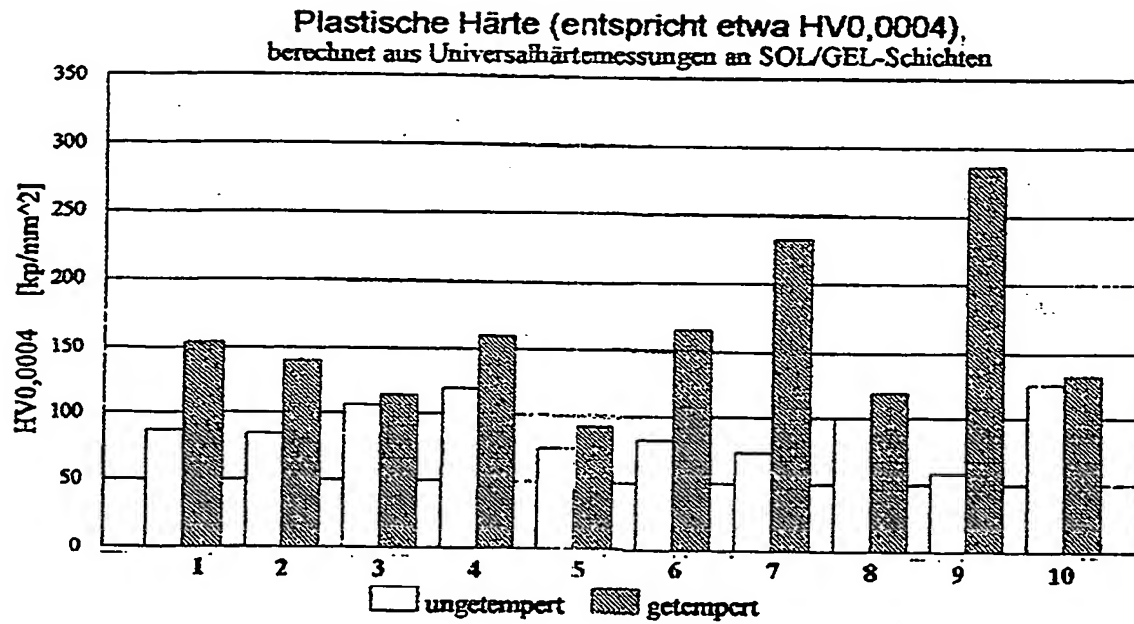
2. Mehrkomponenten-Lack gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß 0,2 bis 10 Feststoffanteile der Komponente A und 1 Feststoffanteil der Komponente B enthalten sind.
3. Mehrkomponenten-Lack gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente A vorzugsweise durch Hydrolyse eines Gemisches von 10 bis 80 Volumen-Teilen Tetraalkoxysilan, 10 bis 80 Teilen Epoxyalkyltrialkoxysilan und 1 bis 20 Volumen-Teilen eines Polyols gebildet ist.
4. Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Polyol 1,1,1-Tris-(hydroxymethyl)propan, Glycerin oder Pentaerythrit eingesetzt wird.
5. Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente B durch Hydrolyse eines Tetraalkoxytitanats oder Aluminiumtrialkoholats oder deren Gemische gebildet ist.
6. Mehrkomponenten-Lack gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente B einen Zusatz von 0 bis 80 Vol-% Tetraalkoxysilan enthält.
7. Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als organische Lösungsmittel Alkohole mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen verwendet werden.
8. Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Zusatz einer oxidierenden Verbindung zur Erzielung bronzefarbener Überzüge.
9. Mehrkomponenten-Lack gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als oxidierende Verbindung Wasserstoffperoxid zugesetzt ist.
10. Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Zusatz von Farbstoffen und/oder bioziden Verbindungen.
11. Verfahren zur Beschichtung eines Objekts mit einem Mehrkomponenten-Lack gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß nach Auftrag einer Lackschicht auf einer Objektoberfläche und Entfernen des Lösungsmittels die Lackschicht durch Wärmezufuhr ausgehärtet wird.
12. Verfahren gemäß Anspruch 10, bei dem die Lackschicht zur Aushärtung mindestens 30 min auf 120°C erwärmt wird.
13. Verwendung eines Mehrkomponenten-Lacks gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 zum mechanischen und/oder chemischen Schutz von Formteilen aus Metall, Kunststoff, Holz, Stein oder Glas.
14. Verwendung eines Mehrkomponenten-Lacks gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 als Photokatalysator zum Abbau von organischen Schadstoffen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

**Bild 1**

**Verbesserung der mechanischen Schichteigenschaften durch 30 min. Tempering der Proben 1 - 10 (aus Tab. 1) bei 130° C**